

「国際海運における温室効果ガス排出削減に 向けた総合対策」

(2009 年度報告書)

2010 年 3 月

財団法人 日本船舶技術研究協会

目次

1	国際的な枠組みの構築	1
1.1	IMO・UNFCCCでの審議への対応	1
1.1.1	IMOの動向	1
1.1.2	UNFCCCの動向	6
1.2	GHG対策WG	11
1.2.1	第1回GHG対策WG	11
1.2.2	第2回GHG対策WG	11
1.3	EEDI認証のトライアル及びガイドラインの見直し	12
1.3.1	EEDI認証トライアル	12
1.3.2	EEDI認証タスクフォース	13
1.4	技術的手法（EEDIベースラインと削減率）の検討	14
1.4.1	EEDIベースライン	14
1.4.2	削減率	14
1.4.3	国際海運から排出されるGHG排出量の見直し	17
1.5	運航的手法（EEOI及びSEEMP）の検討	18
1.5.1	背景	18
1.5.2	EEOI	19
1.5.3	SEEMP	19
1.6	経済的手法の検討	20
2	船舶からのGHG排出量を削減するための環境整備	22
2.1	船舶からのGHG排出量削減のためのインフラ等の調査	22
2.1.1	GHG排出量を抑制する代替燃料利用に関するインフラの現状と課題	22
2.1.2	運航の効率化によるGHG排出に向けたインフラの現状と課題	23
2.2	船主によるGHG排出量削減を促す環境整備	25
2.2.1	カーボンフットプリント（CFP）の調査	25
2.2.2	MAC曲線調査	26
3	まとめ	27

1 国際的な枠組みの構築

1.1 IMO・UNFCCC での審議への対応

1.1.1 IMO の動向

(1) 概要

国際海運における CO2 排出は全世界の約 3%を占め、ドイツ一国に相当する。気候変動枠組条約 (UNFCCC) 京都議定書は、その対象を附属書 I に掲げる先進国に限定し削減対象外となっており、国際海運については、第 2 条第 2 項において、国際航空とともに専門の国際機関 (国際海事機関 (IMO) 及び国際民間航空機関 (ICAO)) を通じた作業によって、GHG 排出量の抑制を追及することとされている。

IMO では、同項の規定を踏まえ、2003 年第 23 回総会において、「船舶からの温室効果ガス削減に関する IMO の政策及び実行」に関する総会決議 A.963(23) を採択するとともに、2006 年 10 月に開催された MEPC55 で同総会決議に基づく作業計画を合意し、現在、これに基づき、技術的手法 (新造船のエネルギー効率の改善)、運航的手法 (減速航行、最適航路選択等)、市場メカニズムに基づく経済的手法 (燃料油課金、排出量取引等) についての検討が進められている。

特に、2009 年 12 月に開催された気候変動枠組条約締約国会議第 15 回会合 (COP15) を間近に控える 2008 年から CO2 排出削減対策の検討を加速してきた。2009 年 7 月に開催された第 59 回海洋環境保護委員会 (MEPC59) で、これまでの検討内容に一定の合意がなされ、また、今後の進め方も合意され、その内容が COP15 に報告された。

世界トップクラスの海運業・造船業を擁する我が国は、国際海運分野における地球温暖化対策の構築に積極的に参画するとともに、国際社会における価値の変革の中で、自身の温暖化対策を通じて海運業・造船業の国際競争力の向上に結び付けていく必要がある。このため、産学官連携のもとに、各種の CO2 排出削減対策を IMO に提案し、国際的枠組み作りに主体的に貢献しているところである。

IMO においては、CO2 排出削減を進める具体的な方法として「技術的手法 (ハードウェアの性能向上)」及び「運航的手法 (減速航行、最適航路選択等運航のやり方を改善)」、また、これらの対策の全てを促進するインセンティブとなる「経済的手法 (燃料課金、排出権取引など)」について検討が行われているところである。

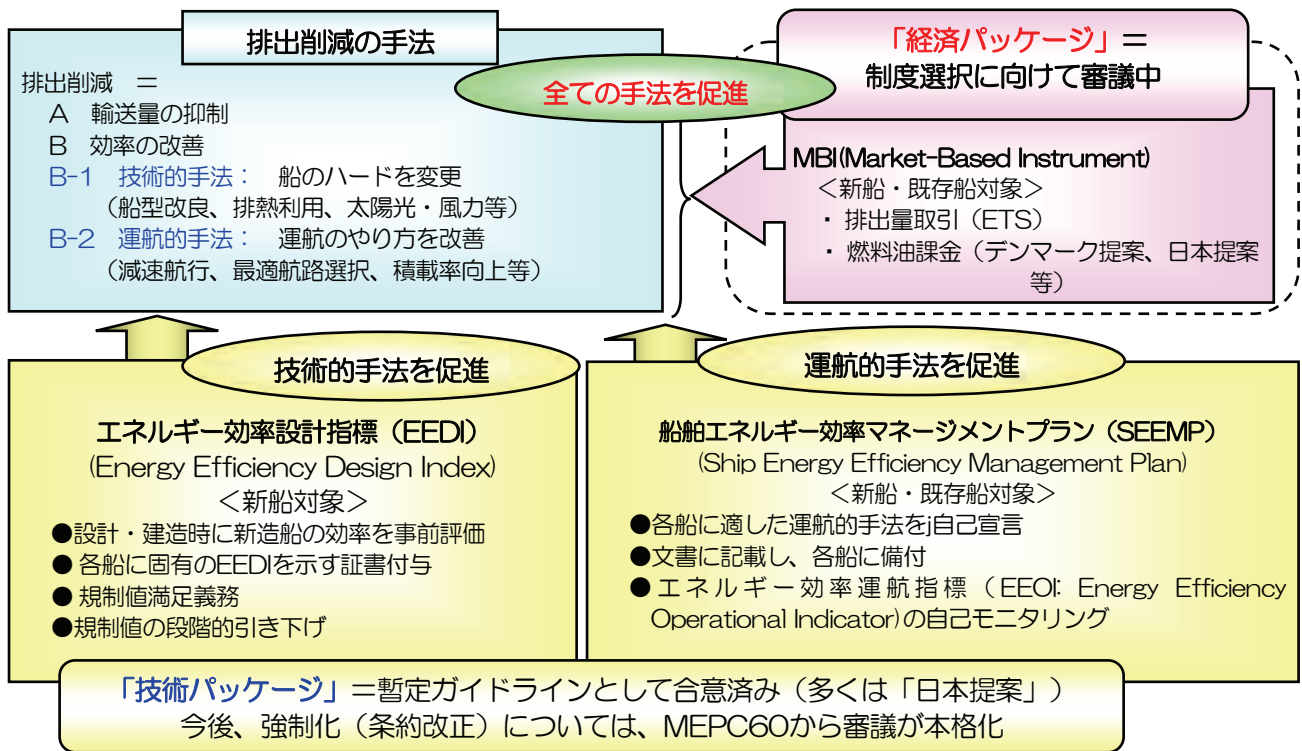


図1 IMOにおける検討メニュー (出典：国土交通省資料)

(i) 技術パッケージ

【技術的手法】

CO2 排出削減を進める上で最も有効なのは、エネルギー効率の高い船舶を導入することであるが、そのためには、船舶のエネルギー効率の建造前に判定できなければならない。

我が国は、設計・建造段階で船舶のエネルギー効率設計指標 (Energy Efficiency Design Index: EEDI) を算定・認証する方法を提案し、MEPC59 で、途上国を含めた国々の賛同を得て「新造船のエネルギー効率設計指標 (EEDI) の算出方法に関する暫定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.681。以下、「EEDI 算定ガイドライン」という。)及び「EEDI の自主的認証に関する暫定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.682。以下、「EEDI 認証ガイドライン」という。)が採択された。

この EEDI は、船舶の設計・建造段階で、船舶の仕様に基づいて、トン・マイルあたりの CO2 排出量を事前評価し、各船に付与するものであり、各船はそれぞれ一つの値を持つこととなる。

$$EEDI(g/ton\ mile) = \frac{CO2\ 換算\ 係\ 速\ 力\ 数 \times 燃\ 料\ 消\ 費\ 率\ (g/kWh) \times (機\ 関\ 出\ 力 - 控\ 除\ 出\ 力)(kWh)}{DWT\ (ton) \times 速\ 力\ (mile/h) \times 実\ 海\ 域\ 速\ 力\ 低\ 下\ 係\ 数\ (fw)}$$

EEDI の算定式は上式のとおりであるが、「通常消費される燃料量の見積もり値」として各機関の定格燃料消費率に機関出力を乗じたものから排熱回収等の省エネ設備による燃料使用の削減分を控除。これに CO2 換算係数を乗じることで、当該船舶の CO2 排出量とすることとされている。この CO2 排出量を当該船舶の輸送能力、即ち載貨重量トン (DWT) と 75% 負荷時の速力 (kt : mile/hour) を乗じたもので除することで、トン・マイルあたりの CO2 排出量を算定している。

分母中にある、実海域速力低下係数(fw)は、平水中の速力の代わりに波・風による速力低下を含めた速力で評価することにより、実海域を考慮した設計最適化を促し、真に優れた船が生まれるインセンティブ

を与えるべく盛り込まれたものである。ただし、fw の算定に必要なガイドラインはまだ合意を見ておらず、合意されるまでの間は、fw=1.0 とする（平水中の速力を EEDI 計算では用いる）ことになっている。

【運航的手法】

船舶は 20~30 年の長期間にわたり使用されるため、上記の EEDI のスキームを用いたエネルギー効率の高い新造船への代替だけでは CO₂ の排出量の削減を速やかに進めていくことは困難である。このため、既存船の省エネ運航を促進していくことも重要な対策となる。

各船舶が CO₂ の排出量を自己モニタリングしつつ、CO₂ 排出削減のためにもっとも効率的な運航方法（減速航行、海流・気象を考慮した最適ルート選定、適切なメンテナンス等）をとるよう、①計画、②実施、③モニタリング、④評価及び改善というサイクルを継続して管理することを促すスキームとして船舶エネルギー効率マネジメントプラン（Ship Energy Efficiency Management Plan: SEEMP）が考案された。具体的な内容については、「船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）作成に関するガイダンス」（MEPC.1/Circ.683。以下、「SEEMP ガイダンス」という。）が MEPC59 で採択され、同時に実運航時の CO₂ 排出量把握のための指標であるエネルギー効率運航指標（Energy Efficiency Operational Indicator: EEOI）の計算手法を定める「船舶のエネルギー効率運航指標（EEOI）の算出方法に関する暫定ガイドライン」の修正案（MEPC.1/Circ.684。以下、「EEOI 算定ガイドライン」という。）（いずれも非強制）が採択された。

以上のとおり、MEPC59 において、EEDI 算定ガイドライン、EEDI 認証ガイドライン、SEEMP ガイダンス、EEOI 算定ガイドラインが採択されたが、これらを実効あるものとするために、MEPC60 以降、「EEDI 取得の義務化」、「建造される船舶が一定の規制値を下回ることの義務化」、「規制値の段階的引下げによる規制の強化」、「SEEMP 作成・備付けの義務化」といった強制条約化の作業が進められている。

(ii) 経済パッケージ

【経済的手法】

前述した技術パッケージを含む全ての CO₂ 削減手法の導入を促進する仕組みとして、経済的インセンティブを与える手法の検討が行われている。デンマークから燃料油課金、日本からは船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるための燃料油課金・一部還付制度（課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし優れた船舶には一部を還付する）を Leveraged Incentive Scheme として提案、また、ノルウェー・ドイツ・フランスから海運に特化した排出量取引制度（METS）が提案されている。

MEPC59 では経済的手法について結論は出なかったが、燃料油課金制度については、途上国を含めて多くの国が支持し、日本提案の特長である格付け・還付制度については、今後さらなる検討をするべきと複数の国の関心を集めた。一方、METS については、提案国以外に支持を表明した国はないという状況であった。

何れにせよ本件検討作業については、2011 年を目途に進めることとされており、具体的には MEPC60（2010 年 3 月）において経済的手法の国際海運への影響評価の方法論等を審議し、MEPC61（2010 年 10 月）において今後検討すべき制度を選択することとされている。

(2) IMO 会合の報告

2009 年 3 月に開催された「第 2 回温室効果ガス対策中間会合（GHG-WG2）」及び 2009 年 7 月

に開催された「第 59 回海洋環境保護委員会 (MEPC59)」の報告を以下に示す。

(i) IMO/第 2 回温室効果ガス対策中間会合 (GHG-WG2) の報告

日時：2009 年 3 月 9 日～3 月 13 日

場所：ロンドン IMO 本部

① エネルギー効率設計指標ガイドラインの改正案及び基本的な認定手法に合意

MEPC58 では、個別の船舶（新造船）の CO₂ 排出性能（燃費性能）を示す設計指標の算出方法を定めた「エネルギー効率設計指標算出方法に関する暫定ガイドライン（以下、「設計指標ガイドライン」という。）」がとりまとめられ、設計指標の算出を試行することが承認された。GHG-WG2 では、試行により得られた経験に基づき、設計指標算出式の改善及び設計指標を用いた制度設計について審議が行なわれた。

我が国は、（社）日本造船工業会、（社）日本中小型造船工業会、（社）日本船主協会の協力下で行なった設計指標試算（276 隻）の結果を踏まえ、設計指標ガイドラインに係る不明確な点や問題点について改善提案を行なった。審議の結果、我が国の改善提案の大部分が設計指標ガイドラインに反映された。このほか、新造船の設計指標が満たすべき基準となるベースラインの設定についても議論がなされ、ベースラインの設定の基本的手法について合意された。

また、将来に設計指標強制化を行う際に必要となる設計指標の認証方法については、設計段階及び海上試運転のそれぞれにおいて認証を行うとする 2 段階による認証方法に合意した。これを受けて MEPC59 に向けて、認証に関するガイドライン案を我が国とノルウェーが用意することとなった。

このほか、我が国は、設計指標の認証方法や規制を強制化するための条約改正案文等を含む制度設計を提案していたが、強制化手法については、中国、インド等の途上国の反対が強く、今次会合では正式な議論はされないこととなった。

② 船舶効率マネージメントプランの基本的コンセプトに合意

個船の運航の手法を管理・支援するツールとして「船舶効率マネージメントプラン」について審議が行われた。我が国が提案していた船舶効率マネージメントプランの基本的コンセプトが支持され、今後、基本的コンセプト（①計画、②実施、③モニタリング、④評価及び改善というサイクル）に基づいて船舶効率マネージメントプランのガイドラインを作成し、ボランティアな取組みとして試行していくことが合意された。また、我が国と米国が共同してガイドライン案を作成し、MEPC59 に提出し、更に審議することとなった。

(ii) IMO/第 59 回海洋環境保護委員会 (MEPC59) の報告 <GHG 関係>

日時：2009 年 7 月 13 日～7 月 17 日

場所：ロンドン IMO 本部

① EEDI、SEEMP に関するガイドライン等の採択

MEPC59 では、以下のガイドライン類が採択された。

(ア) 「新造船のエネルギー効率設計指標 (EEDI) の算出方法に関する暫定ガイドライン」

(イ) 「EEDI の自主的認証に関する暫定ガイドライン」(我が国が主導し、ノルウェーと共同で提案)

- (ウ) 「船舶のエネルギー効率運航指標 (EEOI) の算出方法に関する暫定ガイドライン」の修正案(日本がコーディネータを努めるコレスポンドンス・グループで作成)
- (エ) 「船舶エネルギー効率管理計画 (SEEMP) 作成に関するガイダンス」(我が国が主導し、米
国と共同で提案)

※ガイドラインの使用時期については、以下の通り

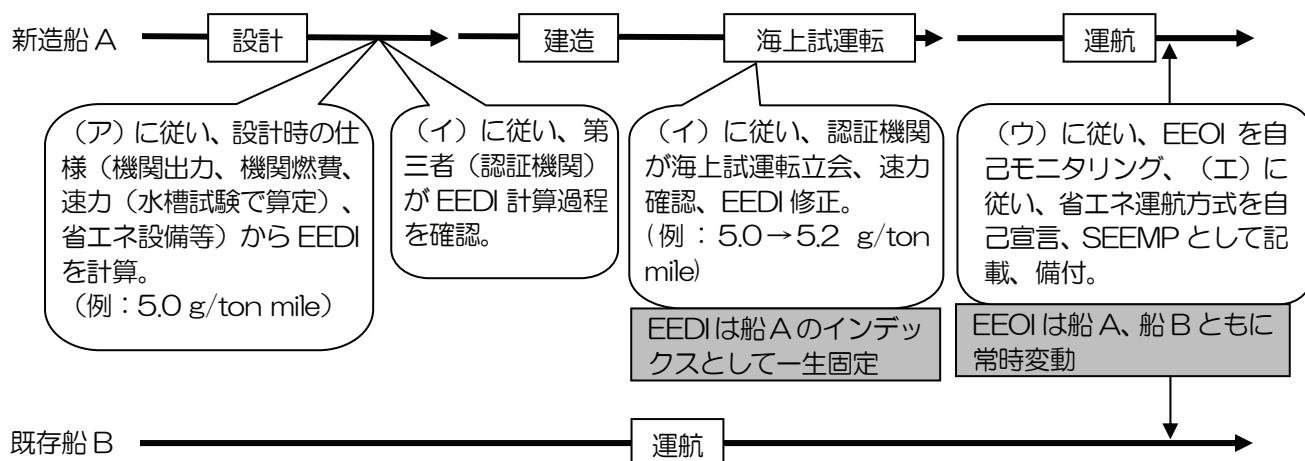


図2 ガイドラインの使用時期

現時点では、これらのガイドラインは非強制であり、業界が自主的に試行することになっているが、2010年3月に開催されるMEPC60からは、試行結果をふまえて、これらを強制化するための審議が行われる。

今後、EEDI が強制化されれば、各新造船について計算・認証された EEDI が一定の基準値を満足していることが義務付けられる。

② 経済的手法について2011年までの作業計画に合意

MEPC59では、燃料油課金についてデンマークが詳細提案を行い、我が国からは船舶の効率改善に一層のインセンティブを与えるための燃料油課金・改善案(課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし、優れた船舶には一部を還付する)を提案した。また、ノルウェー、ドイツ及びフランスがMETSの詳細提案を行った。

我が国及びデンマークがそれぞれ提案している燃料油課金制度については、キプロス、ニュージーランド、ギリシャ、バングラデシュ等、多くの国が支持し、我が国提案の特長である格付け・還付制度については、今後さらなる検討をするべきと複数の国の関心を集めた。一方、METSについては、支持を表明した国はなかった。

MEPC59において、経済的手法に関する結論は出なかったが、MEPC60において経済的手法の国際海運への影響評価の方法論等を審議し、2010年10月に開催されるMEPC61において今後検討すべき制度を選択する等の作業計画に途上国も含めて全会一致で合意した。

③ 国際海運からのCO2排出削減に関する目標設定の検討

我が国は、国際海運における目標は、技術的分析に基づく実行可能なもので、かつ高いレベルのものであるべきとの認識のもと、新技術の導入等による効率改善の可能性を分析し、代表的な船種毎の効率改善シナリオを例示した上で、「排出総量のキャップ」ではなく、効率ベースの目標設定について提案を行った。目標設定に関する詳細な議論はなされず、今後継続して議論されることとなった。

(iii) IMO/第60回海洋環境保護委員会 (MEPC60) の報告 <GHG 関係>

日時：2010年3月22日～3月26日

場所：ロンドンIMO本部

① EEDI、SEEMP等の強制化の検討

EEDIの強制化及びSEEMPの作成及び船舶への備え置きを義務化する附属書VI改正条文を作成した。EEDIの強制化については、船舶のサイズに応じて2段階の規制とし、以下のとおりとなった。

(ア) 総トン数400トン以上の船舶（電気推進船等一部の船舶を除く。）については、EEDIを計算すること

(イ) 旅客船等一部の船種を除く一定のサイズ以上の船舶（電気推進船等一部の船舶を除く。）については、計算した自船のEEDIが規制値以下となる必要があること

次回MEPC61での改正案承認を目指し、中間会合を開催することが合意され、上記イ)の規制について、対象となる船種及びサイズ、具体的な規制値等について検討するとともに、ベースライン、EEDI認証ガイドラインなどの検討が行われる。

② 経済的手法について専門家会合の設置に合意

MEPC59において合意された作業計画に基づき、経済的手法の国際海運への影響評価方法等について検討を行い、新たに専門家会合を設置することが合意された。今後、専門家会合において、各国等から提案されている経済的手法について、国際海運への影響等について更なる分析を行い、その結果を踏まえ、MEPC61において、国際海運に適した経済的手法を選択するための審議が行われる予定である。

(3) 今後の方針

以上のとおり、GHG-WG2及びMEPC59において、「技術的手法」及び「運航的手法」について検討が行われ、MEPC59で4つのガイドライン等の採択にいたった。また、MEPC60からではこれらの対策の全てを促進するインセンティブとなる燃料課金、排出権取引などの「経済的手法」の検討が行われた。我が国からは、船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるための燃料油課金・一部還付制度（課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし優れた船舶には一部を還付する）Leveraged Incentive Schemeを提案しているところである。

IMOとしては、MEPC61においても引き続き、EEDI及びSEEMPの強制化及び経済的手法の審議を行うこととしており、我が国の主張を反映させるためにも、また審議を円滑に進めるためにも、我が国としては一層貢献して行く必要がある。

当協会としても、今後も、国土交通省をはじめとした国内関係者と連携しIMO等の国際会議に参画し、国際海運からのGHG排出削減に向けた国際的枠組みの策定をリードしていきたい。

1.1.2 UNFCCCの動向

(1) 概要

UNFCCCにおいて、国際海運・国際航空の燃料（バンカー油）からの温室効果ガスの排出については、国境を越える場合や公海上で行われる場合があり、さらに運航国、船籍国/登録国、旅客、荷主の国籍が複雑に絡んでいるため、1997年のUNFCCC第3回締約国会議（COP3）で採択された京都議定書では、温室効果ガスの排出削減義務を負う先進締約国は「国際民間航空機関（ICAO）及び国際海事機関（IMO）を通

じて活動することにより、バンカー油からの温室効果ガスの排出の抑制又は削減を追求する。」(第2条第2項)と規定された。また、京都議定書を採択した締約国会議では、「国際航行船舶から排出されるGHGは国別の排出量には入れないで、別途報告すること。」との決議を採択したため、現在、国別の削減目標の対象外となっている。したがって、京都議定書の第1約束期間が満了する2013年以降の枠組み(ポスト京都議定書)の議論の中では、国際海運・国際航空分野についても、国際的な規制を課すべきとして、焦点のひとつとなっている。

しかしながら、近年の地球温暖化問題の重要性が認識されるなか、世界エネルギー機関(IEA)が公表した統計によると、世界全体のCO₂排出量(約290億トン)に対し、国際海運・国際航空の燃料(バンカー油)からの2007年のCO₂排出量は、それぞれ2.1%(約6.1億トン)、1.4%(約4.1億トン)であり、両分野におけるCO₂排出量は合わせて約4.3%(約10.2億トン)となっており、世界5位の我が国のCO₂排出量に匹敵する割合を占めている。さらに、今後も進むであろう世界のグローバル化の進展を鑑みると、国際海運・国際航空の輸送量は、途上国の経済発展とともに大きく増加することが見込まれ、この両分野からのCO₂排出量を削減することは、地球温暖化対策にとって重要な課題の一つとなっている。

我が国は、UNFCCCにおけるポスト京都議定書の交渉にあたり、両分野の特殊性を鑑み、船舶の途上国への便宜置籍、航空機の途上国経由ルートへの迂回などの炭素リーケージを回避するためには途上国を含めたグローバルな枠組みが必要不可欠であること、その削減・抑制の手法の検討には各分野の専門的知見が必要であるという観点から、専門機関であるIMO、ICAOの場で議論を行うべきと主張しているところである。また、我が国は、IMO、ICAOにおける議論においても積極的に提案し、審議の進展の大きく貢献しているところである。

2009年12月7日から12月18日まで、デンマークのコペンハーゲンにおいて、気候変動枠組条約第15回締約国会議(COP15)が開催された。COP15においては、ポスト京都議定書の新たな枠組みは策定できなかった。代わりに、COP決定を出して、期限・方法・具体的項目を明確にした作業計画を策定しようとしたが、それも策定できなかった。

バンカーの取扱いについては、数度にわたり非公式協議が行われ、①原則(principles)、②目標(targets)、③課金収入(revenues)の3点について、各国の意見を集約したが、各国間の折り合いがつかず、最終的な報告・COP決定にも盛り込まれなかった。

今後は、2010年12月開催予定の次回締約国会議COP16におけるポスト京都議定書の策定に向け、作業部会において審議が行われることとなるが、それを円滑に進めるためにもICAO・IMOでの検討を進めることが重要であり、我が国もそれに貢献して行く必要がある。

(2) COP15への対応

2009年度は、2009年12月に開催されたCOP15に向け、各会合が以下のスケジュールで開催された。各会合の結果概要は以下のとおり。

(i) 気候変動枠組条約特別作業部会(AWG-KP7、AWG-LCA5)の結果概要

日時：2009年3月30日～4月8日

場所：ボン(ドイツ)

【AWG-KP7】

- ◆ IMO、ICAOから検討状況の報告。
- ◆ 該当議題(議題5(d))については、内容等の具体的な議論なく、次回会合(6月)にて継続審議。(合意文書にも国際海運・航空の明示の記載なし。)

- ◆ 法的事項の議題において、ツバルが国際バンカーを取り入れる議定書改正案を提出
- ◆ 新議定書案に関する提案を4月24日までに事務局へ提出（日本からも提出予定）
【AWG-LCA5】
- ◆ 緩和、資金・技術の議題等において、EU、ノルウェー、途上国等が国際バンカーについての言及。
- ◆ 議長より、国際バンカーについてノルウェーのような具体的な提案を歓迎し、各国意見の提出を要請する旨の発言あり。

(ii) 気候変動枠組条約科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合（SBSTA30）、特別作業部会（AWG-KP8、AWG-LCA6）の結果概要

日時：2009年6月1日～6月12日

場所：ボン（ドイツ）

【SBSTA30】

- ◆ IMO、ICAOから検討状況の報告。
- ◆ 途上国が共通だが差異ある責任（CBDR）を主張
- ◆ 我が国はIMO、ICAOにおける議論を主張した
- ◆ 今後も情報交換を継続することとなった。

【AWG-KP8】

- ◆ 議定書改正ドラフトの審議が行われた。
- ◆ 途上国が国際バンカーに関する全ての条項にブラケットをつけることを求め、また、産油国は本議題をKPにおいて検討しないことを追加オプションとして採用するよう主張した。
- ◆ 国際バンカーに関する全ての部分にブラケットが付され、次回会合（8月）において継続審議することとなった。

【AWG-LCA6】

- ◆ ノルウェー、EU、日本の3つのオプションを含む各国提案を取りまとめた交渉テキストが提示され、議長が更なる提案の追加を要請した。
- ◆ オーストラリアより、全船一律適用となる目標及び具体的方策を含めUNFCCCにおいて検討するよう提案（第4オプション）した。
- ◆ 今会合においては各国提案（オプション）を最大限に取り入れ、今後の会合において一本化に向けた作業を行う。

(iii) 気候変動枠組条約特別作業部会（追加会合）（AWG-KP、AWG-LCA）の結果概要

日時：2009年8月10日～12月14日

場所：ボン（ドイツ）

【AWG-KP】

- ◆ 議定書改正ドラフトの審議が行われたが、バンカーについては特に議論はなかった。

【AWG-LCA】

- ◆ バンカーについてはグローバルに取り組むべきという先進国の主張とCBDRを考慮しまずは先進国から削減すべきという途上国の主張があった。
- ◆ IMOから、IMOでは一律適用を基本としている。CBDRに関しては、経済的手法によって途上国を支援することを検討していると発言があった。

- ◆ ICAO から、CBDR については、野心的な目標を設定し、途上国は自主的に削減を行うこととしている。途上国に対する技術移転、キャパシティビルディングなどに加え、途上国に対する資金、技術的支援について検討していると発言があった。

(iv) 気候変動枠組条約特別作業部会 (AWG-KP9、AWG-LCA7) の結果概要

日時：2009年9月28日～10月9日

場所：バンコク（タイ）

【AWG-KP10】

- ◆ バンカーについては特に議論はなかった。

【AWG-LCA8】

- ◆ AWG-LCA：緩和（mitigation）については、バリ行動計画の各パラグラフに対応するサブグループを設置してテキストの集約作業を推進。バンカーについては、セクター別アプローチのパラグラフ【1(b)(iv)】のサブグループで取り扱う。
- ◆ サブグループ会合を開催し、従前の各国提案を集約したテキストを基に、各国スタンスの表明を経て、ドラフティング会合の設置をした。
- ◆ ドラフティング会合では各国がスタンス表明し、それをとりまとめたテキストが提示され審議がおこなわれたが、合意には至らなかった。

(v) 気候変動枠組条約特別作業部会（追加会合）（AWG-KP、AWG-LCA）の結果概要

日時：2009年11月2日～11月6日

場所：バルセロナ（スペイン）

【AWG-KP】

- ◆ バンカーについては特に議論はなかった。

【AWG-LCA】

- ◆ ノルウェー・日本・カナダに米国を加えた4か国が共同提案を提出した。（これにより、従前の日本案に途上国が追加した文言を切り離し）
- ◆ EU 提案の排出削減目標の具体的数値の書き込みを行った。
2020年に国際航空▲10%、国際海運▲20%（対2005年比）
- ◆ 途上国側の条文案統合・追加も行われた。
- ◆ 結果として、先進国案と途上国案がオプションとして明確に切り分けられた。

(vi) 気候変動枠組条約締約国会議第15回会合（COP15）の結果概要

日時：2009年12月7日～12月18日

場所：コペンハーゲン（デンマーク）

【同期間に併せて開催された会合】

- ◆ 気候変動枠組条約締約国会議第15回会合（COP15）
- ◆ 京都議定書第5回締約国会合（CMP5：COP/MOP5）
- ◆ 気候変動枠組条約第31回補助機関会合（SBSTA31）
- ◆ 第31回実施に関する補助機関会合（SBI31）

- ◆ 京都議定書の下での附属書 I 国の更なる約束に関する特別作業部会第 10 回会合 (AWG-KP10)
- ◆ 条約の下での長期的協力の行動のための特別作業部会第 8 回会合 (AWG-LCA8)

【SBSTA31】

- ◆ 議長によるコンクルージョンドラフトが提出され、各国からは特に意見なく採択され AWG-LCA に報告することとされた。

【SBI31】

- ◆ バンカーについては特に議論はなかった。

【AWG-KP10】

- ◆ 途上国は、バンカーについては AWG-KP で議論すべきという意見が根強くあったが、結局、AWG-KP ではバンカーの議論は行われなかった。結局、各国の意見を擦り合わせる事ができず、合意には至らなかったが、現況を COP/CMP にレポートすることになった。

【AWG-LCA8】

- ◆ 各国の概ねの共通認識及び 3 つの主要論点 (①準拠すべき原則、②目標、③想定される資金の使い方)に関する各国見解の概要について報告があったが、最後まで合意には至らず、現況を COP/CMP にレポートすることになった。

【CMP5】【COP15】

- ◆ CMP decision 及び COP decision の Draft decision は、一般的なことだけ書かれ、問題となっている数値目標、CBDR の原則、資金などについて具体的なところは何も書かれていなかった。さらに、この CMP decision 及び COP decision は議論されたものではないので受け入れられないという国もいくつかあった。
- ◆ 最終的な CMP decision 及び COP decision が合意された。当然、バンカーについても何も書かれていなかった。

(3) 今後の方針

以上のとおり、COP15 において、バンカーの取扱いについては、数度にわたり非公式協議が行われたが、各国間の折り合いが付かず、最終的な AWG-LCA 報告・COP 決定にも盛り込まれなかった。

しかしながら、COP15 における審議において、主要論点と各国のスタンスが明確に把握・共有された。

- ◆ 各国共通ポジション：バンカーについては、ICAO・IMO で対策を行うべきこと、UNFCCC から ICAO・IMO に対し何らかのガイダンスを示すべきこと。
- ◆ 原則：途上国は CBDR の明記を強く主張。先進国は否定的。サウジ等一部途上国は、附属書 I 国のみ対応すべきとのスタンスだが、中国・ブラジル等はグローバル対策の必要性を必ずしも否定せず。
- ◆ 目標：EU は数値目標の設定に固執。日本を含む他の先進国・途上国は反対。
- ◆ 課金収入：日本・EU 等は課金収入の途上国支援への活用を主張し、一部途上国が賛意。一方、米国・中国等は課金自体に反対。

COP16 での合意に向けて再開される気候変動枠組条約特別作業部会等の会合において、バンカーの取扱いに関する審議も再開されることになる見込みであり、それを円滑に進めるためにも ICAO・IMO での検討を進めることが重要であり、我が国もそれに貢献して行く必要がある。

当協会としても、今後も、国土交通省をはじめとした国内関係者と連携し UNFCCC、IMO 等の国際会議に参画し、国際海運・国際航空の燃料 (バンカー油) からの温室効果ガスの排出削減に向けた国際的枠組みの策定をリードしていきたい。

1.2 GHG 対策 WG

近年の温暖化対策への社会的関心の高まり、また、本年度は、現行の京都議定書の約束期間終了後(2013年～)の気候温暖化対策の枠組みを決定することされていた COP15 がデンマーク・コペンハーゲンで開催され議論されたこともあり、より一層、国際海運からの GHG 排出削減の要請が強くなってきている。

このような状況の中、IMO は 2008 年から検討作業を加速させており、本年度開催された MEPC59 及び MEPC60 においても、前述のとおり、国際海運からの GHG 排出削減についての検討作業を前進させてきている。

本年度、GHG 対策ワーキンググループ (WG) は、昨年度に引き続き IMO、UNFCCC の対応に関する審議を中心に行った。我が国の方針、会合内容等については、上記の「1.1 IMO・UNFCCC での審議への対応」を参照されたい。

当協会としては、今後も、国土交通省をはじめとした国内関係者と連携し、IMO、UNFCCC 等の国際会議に対し迅速に対処し、国際海運からの GHG 排出削減に向けた国際的枠組みの策定をリードしていきたいと考える。

1.2.1 第 1 回 GHG 対策 WG

日時：2009 年 7 月 2 日

場所：霞山会館 Room1

以下の報告及び審議が行われた。

- ① IMO/第 2 回温室効果ガス対策中間会合 (GHG-WG2) の報告
- ② 気候変動枠組条約科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合 (SBSTA30)、特別作業部会 (AWG-KP8、AWG-LCA6) の報告
- ③ COP15 に向けた戦略
- ④ MEPC59 の対応
- ⑤ MEPC59 の日本提案

1.2.2 第 2 回 GHG 対策 WG

日時：2009 年 1 月 7 日

場所：(財)日本船舶技術研究協会 会議室

以下の報告及び審議が行われた。

- ① 気候変動枠組条約締約国会議第 15 回会合 (COP15) の報告
- ② IMO/第 59 回海洋環境保護委員会 (MEPC59) の報告
- ③ MEPC60 の対応
- ④ MEPC60 の日本提案

1.3 EEDI 認証のトライアル及びガイドラインの見直し

1.3.1 EEDI 認証トライアル

(1) 背景

EEDI 認証ガイドラインが MEPC59 においてサーキュラー化された。将来、EEDI が強制化されるまでには、検査・証書の仕組みを固め、EEDI 認証ガイドラインを適切に改訂し、最終的な「検査と証書のガイドライン」として採択する必要がある。

その過程において、EEDI 認証トライアルを実施することは、EEDI 認証ガイドラインに改善・追加の記述が必要な部分を特定するための重要な手順の 1 つであり、これによりガイドラインを適切に改訂することが可能となる。

認証トライアルを実施する主な目的は公平かつ厳正な認証方法を構築することにあるが、それと同時に、造船所や他の関係者に過大な負担とならないような配慮も必要となる。

上記の目的を達成するため、「エネルギー効率設計指標の認証に関する調査研究」において、EEDI 認証ガイドラインに従って、国内で建造された LPG 船（三菱重工業株式会社建造、船級：NK）とケープサイズバルクキャリア（ユニバーサル造船株式会社建造、船級：NK）の 2 隻の船舶を対象に、実際に EEDI 認証トライアルを実施した。検証者は船級の NK が行った。

さらに MEPC60 では、EEDI の算定強制化を前提として、EEDI 認証ガイドラインについての改正提案を提出した。

表1 LPG 船の主要目

Principal Particulars	
Kind of ship:	LPG carrier
Length overall:	230.0 m
Breadth:	36.60 m
Depth:	21.65 m
Scantling draught:	11.628 m
Gross tonnage:	47,985 GT
Deadweight:	55,028 tons
MCR of M/E:	13,700 kW x 104.0 rpm
Date of Sea Trial:	2009/9/30~10/2

表2 バルクキャリアの主要目

Principal Particulars	
Kind of ship:	Bulk carrier
Length overall:	299.70 m
Breadth:	50.00 m
Depth:	25.00 m
Scantling draught:	18.20 m
Gross tonnage:	106,367 GT
Deadweight:	207,991 tons
MCR of M/E:	16,610 kW x 81.0 rpm
Date of Sea Trial:	2009/10/6~10/8

EEDI 認証トライアルでは、最初の設計階における予備認証から最後における海上公試の最終認証まで、EEDI 認証ガイドラインに従って行った。

(2) 設計段階における予備認証

EEDI テクニカルファイル及び追加情報の作成においては、過去に実施された本船のタンクテスト（模型試験）の結果を用いて、造船所が EEDI テクニカルファイル及び追加情報を作成した。タンクテスト結果については、その信頼性に関する判断については議論の余地があるが、今回の認証トライアルでは、水槽設備の仕様及び計測機器の較正記録の確認のみを行い、造船所から提出されたタンクテスト結果をそのまま受け入れた。

EEDI 計算値の検証においては、EEDI テクニカルファイル及び追加情報の記載内容に基づいて検証者が EEDI 算出過程の検証を行った。船速推定（パワーカーブ推定）方法については、各造船所の方法を追算することにより、満載状態とバラスト状態の船速が同じ計算手順に従って推定されていることを確認した。

ただし、Model-Ship Correlation Factor のような造船所の経験値については、EEDI 認証ガイドラインの 4.2.6 で触れているように数値の妥当性について第三者が検証することは不可能であるため、そのまま受け入れた。また、EEDI の算出が EEDI 算定ガイドラインに従って実施されていることを確認した。

(3) 海上公試による最終認証

海上公試においては、造船所が作成し検証者が確認した試験方案に従って海上公試を実施した。海上公試は 2 隻共に満載状態ではなくバラスト状態にて実施された。海上公試においては、船体状態（喫水、トリム）、EEDI テクニカルファイルに記載されたシステム構成及びパワーカーブの作成に必要な各計測値について検証者が確認を行った。

最終 EEDI 計算値の検証においては、計測された海象条件（今回は風と潮流のみ）のもとで、造船所はバラスト状態のパワーカーブを作成し、その結果を用いて満載状態における 75%MCR 速力を確定、最終 EEDI 値を算出した。

検証者は、造船所の計算を追算することにより、パワーカーブが ISO15016 又はこれと同等な方法により算出されていることを確認した。また、最終 EEDI 値の計算に必要な船速が、EEDI 認証ガイドラインに従って適当な方法により決定されていることを確認した。

1.3.2 EEDI 認証タスクフォース

我が国は、EEDI 認証ガイドラインの提案国として EEDI 認証を実際に試行し、当該ガイドラインに基づき、認証が実行可能であることを実証する必要がある。また、EEDI 認証ガイドラインの見直しを行い、修正すべき点があれば、改正案を提案する必要がある。

このため、EEDI 認証トライアルを実施し、トライアルに基づくガイドライン見直しを目的として、GHG 対策 WG の下に設置した EEDI 認証タスクフォースにおいて、EEDI 認証ガイドラインの見直しの要否、改正案を検討した。検討項目としては、同型船及び類似船の定義、タンクテストの定義、、、エンジンの燃費の補正方法、タンクテストの信頼性判断基準、タンクテストを課する範囲、船速の検証方法、追加情報の守秘義務契約締結、主機の馬力計測方法、海上公試後の海象による船速補正方法などが挙げられた。

実際のトライアル及び EEDI 認証タスクフォースにおける検討の結果、EEDI 認証ガイドラインは、多少の修正や追加の必要はあるものの、基本的には検証者は EEDI 認証ガイドラインに従って認証できることが確認された。また、当該、検討項目について、修正案・問題提起の提案文書を MEPC60 において提出、WG で検討した。

しかしながら、上記の検討項目のいくつかは未解決であり、今後も IMO において検討し決定する必要がある。我が国としても、ガイダンスの提案国、修正案・問題提起の提案文書の提出国として、議論をリードしていかなければならない。

1.4 技術的手法（EEDI ベースラインと削減率）の検討

1.4.1 EEDI ベースライン

MEPC59 では、EEDI 算定ガイドライン、EEDI 認証ガイドライン、EEOI 算定ガイドライン、SEEMP ガイダンスが採択された。これらはいずれボランティアベースのものであり、MEPC60 からこれらガイドライン等を強制化する議論が始まった。

強制化するためには、まずその規制値が必要となる。そこで必要となってくるのが EEDI のベースラインである。EEDI ベースラインの算定式は、以下のとおりである。

$$\text{Baseline value} = a \cdot \text{Capacity}^{-c}$$

また、EEDI ベースラインの算定式を作成するための主な基準は以下の 5 点である。

①船種（LRFP Stat code に対応）

Passenger ship、Dry cargo carrier、Gas tanker、Tanker、Container ship、Ro-ro cargo ship(vehicle carrier)、Ro-ro cargo ship(volume carrier)、Ro-ro cargo ship(weight carrier)、General cargo ship、Ro-ro passenger ship、Refrigerated cargo ship

②エンジンタイプ

diesel-electric propulsion、turbine propulsion、hybrid propulsion system は含めず

③Capacity

Passenger ship、Ro-ro passenger ship は GRT を使用。その他の船種は DWT を使用。

④船速

LRFP database のサービス速度(V_{ref})を使用する。

⑤EEDI ベースラインの入力パラメータ

- ◆ 排出係数は、すべてのエンジンで一定であり、3.1144 とする。
- ◆ 主機の燃料消費は、すべての船種で一定であり、190 g/kWh とする。
- ◆ 主機の出力(P_{MEI})は MCR の 75% とする。
- ◆ 補機の燃料消費は、すべての船種で一定であり、215g/kWh とする。
- ◆ 補記の出力(P_{AE})は、EEDI 算定ガイドラインの P_{MEIP} 、以下で算出される。

$$\text{Estimate Index Value} = \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEI} + 215 \cdot P_{AE}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

- ◆ 対象とする船舶は、1999 年 1 月 1 日から 2009 年 1 月 1 日の新造船とする（過去 10 年の新造船）。
- ◆ EEDI ベースラインの算定において、回帰式の標準偏差が 2 以上になるデータは外れ値として除外し、新たな回帰式を算定する。

1.4.2 削減率

船舶のエネルギー効率向上のために、2024 年までの商業的な導入が想定される以下の 12 の GHG 削減技術に関し、当該技術による削減効果の推定を実施した 6 船種について、それぞれ大小 2 つのサイズの船舶に対し、以下の項目を推定した。

【商業的な導入が期待されるエネルギー効率向上に係る技術】

- ①最適船首形状（垂直バウ）
- ②スプレー抑制
- ③流線形船首ブリッジ
- ④最適船尾形状（SEB 等）
- ⑤空気潤滑
- ⑥CRP（二重反転プロペラ）
- ⑦スプリットスターン
- ⑧省エネダクト
- ⑨ポストスワールシステム
- ⑩省エネフィン
- ⑪プレスワールフィン
- ⑫ハイブリッドPOD 推進

【削減効果に係る推定項目】

- ◆平水中全抵抗
- ◆平水中全抵抗の内訳（粘性抵抗・造波抵抗の割合）
- ◆BF6 における波浪中抵抗増加及び風抵抗の平水中全抵抗に対する割合
- ◆中間出力である抵抗・推進効率などにおける各省エネ技術による対象項目の改善率
- ◆各時期（phase1、2、3）において、想定技術すべて（低摩擦塗料・排熱回収を除く）を用いた時の平水中航海速力時想定馬力の省エネ率

以上によって、計算された現存船におけるベースライン（EEDI 平均値）に対し、2024 年までに商業的に導入されるエネルギー効率改善のための技術による各船種の削減率を推定すると下表のとおりとなる。

表3 改善率のケーススタディ結果

		2013－ 2017	2018－ 2022	2023－ 2027
Ship type	size	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Dry cargo carrier	20000 DWT	9.9%	17.2%	25.3%
	52000 DWT	14.5%	25.7%	36.9%
	77000 DWT	14.5%	25.5%	36.4%
	175000 DWT	14.5%	26.1%	37.7%
Gas tanker	9000 DWT	9.9%	16.7%	24.3%
	45000 DWT	14.5%	25.0%	35.8%
Tanker	45000 DWT	14.5%	25.4%	36.4%
	84000 DWT	14.5%	25.9%	37.3%
	300000 DWT	14.5%	26.1%	37.7%
Container	12000 DWT	13.4%	17.1%	29.2%
	39000 DWT	13.4%	17.2%	29.2%
	91000 DWT	13.4%	17.3%	29.3%

表3 改善率のケーススタディ結果（続き）

Ro-ro cargo ship (Vehicle carrier)	7000 DWT	13.2%	17.0%	28.8%
	18000 DWT	13.5%	17.4%	29.2%
Ro-ro cargo ship (Volume and Weight carrier)	4000 DWT	—	—	—
	13000 DWT	—	—	—
General cargo ship	9000 DWT	9.9%	17.0%	24.9%
	13000DWT	9.9%	16.6%	35.4%
Ro-ro passenger ship	18000 GRT	—	—	—
	46000 GRT	—	—	—

※Container、Ro-ro cargo ship(Vehicle carrier)とそれ以外の肥大型の船種では、導入する技術が異なる。そのため、各フェーズの改善率の傾向についても異なっている。

※General cargo は、Dry cargo carrier 等と同様に肥大型であるが、第2フェーズに排熱回収を導入していないため、その他の肥大船に比べると当該フェーズの改善率は小さい。

※コンテナについては、現行の EEDI 算定ガイドラインにおいて、65%DWT において EEDI を算定することとなっているが、65%DWT における各種前提条件（速力等）が不明であることから、ここでは 100%DWT で試算している。

上記結果に基づき、我が国は MEPC60 において以下の削減率を提案した。。

表4 EEDI 削減率 (MEPC60 日本提案)

Year of Contract	2013-2017	2018-2022	2023-2027
Ship type	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Passenger ship*			
Dry cargo carrier	10%	25%	35%
Gas tanker (Excluding steam turbine ship)	10%	25%	35%
Tanker	10%	25%	35%
Container	10%	15%	30%
Ro-Ro cargo ship (Vehicle carrier)	10%	15%	30%
Ro-Ro cargo ship (Volume and Weight carrier)	—	—	—
General cargo ship	10%	15%	35%
Ro-Ro passenger ship	—	—	—

1.4.3 国際海運から排出されるGHG 排出量の見通し

国際コンソーシアムは、UNFCCC 中のグループ（Intergovernmental Panel on Climate Change :IPCC）が査定した 2050 年までの経済成長予測（SRES storylines）を考慮して国際海運の 2050 年までの進展を考えた。ここでのシナリオは、

- A1：急速な経済発展と人口増加。グローバル化。環境への配慮よりも個人の豊かさ。
- A1FI：引き続き化石燃料の利用。
- A1B：技術の進展により脱化石燃料の進展。
- A1T：燃料利用のバランスの進展。
- A2：急速な人口増加と地域格差の拡大。経済の地域性の増加。
- B1：人口増加がある一方で経済の収斂化。サービスと情報のグローバルな発展の一方で物質生産は収斂。環境への配慮の進展。
- B2：経済発展の収斂と地域化の進行。環境への配慮の進展。

船舶に関しては、

- ◆ 短国際航海船では、物流の効率化が進む。
- ◆ 外洋航海船では、大型化による効率化が進む。
- ◆ いずれの場合もコンテナ化が進む。
- ◆ 船舶のエネルギー効率の向上、及び運航効率の向上による燃料の削減を、2020 年で平均 12%、2050 年で平均 39%と見込む。

以上の条件の下に、2050 年までの船舶からの CO2 排出量の年次増加を次表のように予測した。

表5 船舶からの CO2 排出量の年次報告

シナリオ	平均	最大	最小
A1	2.7%	5.2%	-0.4%
A2	2.2%	4.4%	-0.6%
B1	2.1%	4.3%	-0.7%
B2	1.9%	3.9%	-0.8%

これに基づいて、2020 年及び 2050 年における国際航行船舶からの CO2 排出量を次表及び次図のように予測した。

表6 国際航行船舶からの CO2 排出予測（百万トン）

シナリオ	2020 年			2050 年		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
A1FI	1058	1440	689	2648	7728	693
A1B	1057	1447	689	2681	7344	694
A1T	1058	1447	689	2668	7341	689
A2	982	1275	663	2194	5426	638
B1	959	1252	657	2104	5081	617
B2	925	1160	645	1903	4407	589

国連UNFCCC/IPCCの経済発展シナリオに基づいて
船舶の動きを予測し、CO2排出量を算出した

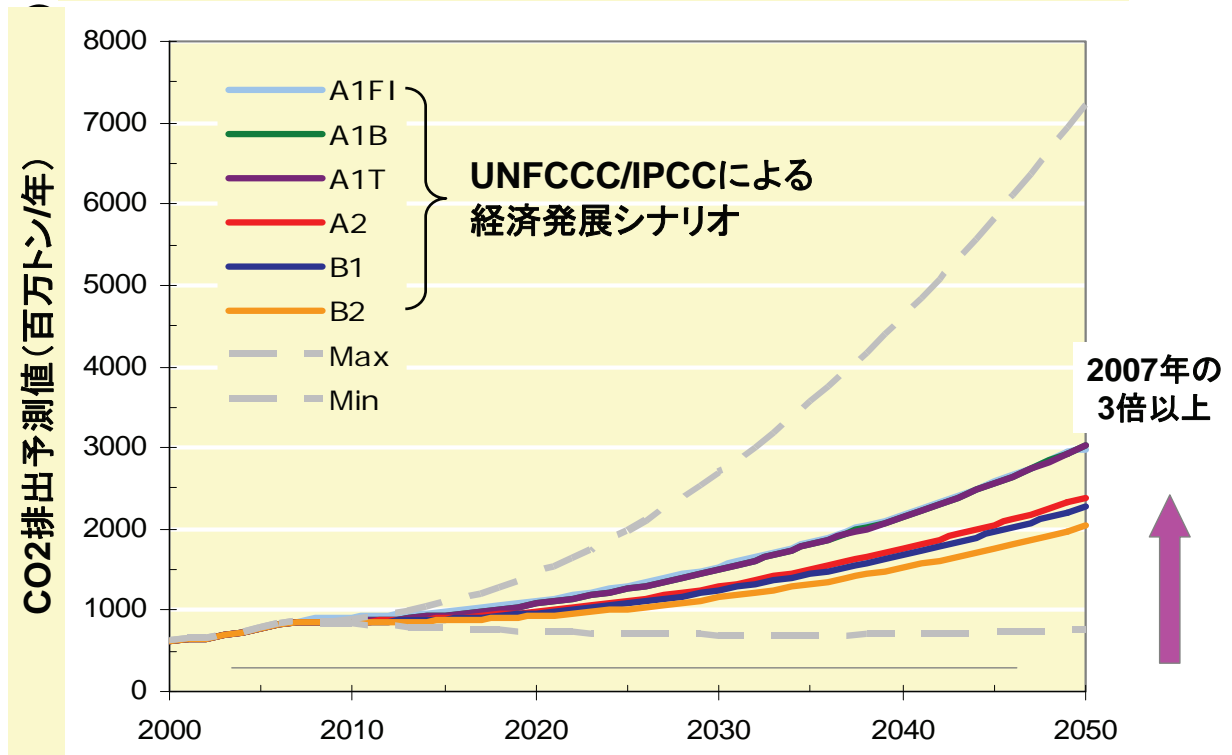


図3 2050年までの国際航行船舶のCO2排出量
(出典：Second IMO GHG Study 2009)

1.5 運航的手法 (EEOI 及び SEEMP) の検討

1.5.1 背景

エネルギー効率の向上という観点から国際海運から排出される CO2 排出量を抑制するためには、実際の航行に対する効率である EEOI が向上する必要がある。海運事業者によるエネルギー効率の向上手段の 1 つとして、その使用する船舶の環境性能の向上が挙げられるが、これを助け、かつ、著しく環境性能の悪い船舶が海運市場に新規に参入しないよう、新造船の環境性能の「見える化」を図るための指標が EEDI である。

IMO では、船舶の効率改善として、技術的手法（効率の優れた新造船を使用する）と運航的手法（既存船が燃料消費削減のため最適な運航方法をとる）を促進するため検討・審議を行い、MEPC59 において以下の 4 つのガイドライン類が採択された。

- ① 「EEDI 算定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.681)
- ② 「EEDI 認証ガイドライン」(MEPC.1/Circ.682)
- ③ 「SEEMP ガイダンス」(MEPC.1/Circ.683)
- ④ 「EEOI 算定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.684)

1.5.2 EEOI

海運からの効率向上を促進する前提として、船舶のエネルギー効率を定量的に評価するツールが必要である。この指標のうち、新造船の効率を、設計・建造段階において「一定条件下で、1 トンの貨物を1 マイル運ぶのに排出すると見積られる CO2 グラム数」としてインデックス化し、船舶性能を差別化するのが EEDI である。これに対し、既存船について「1 トン1 マイルあたり、実際の運航で排出された CO2 グラム数（単位は EEDI に同じ）」を示すのが EEOI である。

SEEMP を実施するための自己モニタリング指標が EEOI であり、モニタリングのガイドラインが上記④の EEOI 算定ガイドラインである。

EEOI と EEDI は同じ単位 (g/ton mile) で示され、輸送活動に伴う環境コストを輸送活動がもたらす便益で除するというコンセプトは共通である。EEDI は新造時の船舶仕様に基づき「その船舶が発揮できる効率のポテンシャル」を示すのに対し、EEOI は運航時における「実際の CO2 排出量（燃料消費量から換算）」と「実際に運搬した貨物量」及び「実際に運航した距離」から、「実際に達成されたエネルギー効率」を表わす指標であり、次式で算出される。

$$\text{EEOI(g/ton mile)} = \frac{\text{CO2排出量(g)}}{\text{貨物輸送量(ton mile)}} = \frac{\text{CO2換算係数} \times \text{燃料消費量(g)}}{\text{実貨物量(ton)} \times \text{実航行距離(mile)}}$$

エネルギー効率の向上という観点から国際海運から排出される CO2 排出量を抑制するためには、EEDI による効率改善も含め、実際の航行に対する効率であるこの EEOI が向上させる必要がある。

1.5.3 SEEMP

既存船が EEOI を自己モニタリングしつつ、CO2 排出削減のためにもっとも効率的な運航方法（減速、海流・気象を考慮した最適ルート選定、適切なメンテナンス等）をとるよう、①計画、②実施、③モニタリング、④評価及び改善というサイクルを継続して管理することを促すのが SEEMP であり、そのガイダンスが、上記③の SEEMP ガイダンスである

SEEMP は、既存船に対する船舶効率マネジメントプラン保持の義務付けし、既存船における運航面に着目し、そのエネルギー効率の改善を促進するものである。船舶は、SEEMP を定期的に見直すことにより、自船の運航上の手法について適した手法を選択し、その実施計画について自己宣言し、当該手法による CO2 排出削減量とそのポテンシャルを明示する文書を作成し、船上に備え付けることとなる。また、効率測定のため EEOI 自己モニタリングし、結果を削減手法にフィードバックして最適化することができる。例えば、EEOI のトレンドを見つつ、最適な運航ルートの選定、船速の設定を行うというようなことである。

MEPC59 において、EEOI 算定ガイドライン、SEEMP ガイダンスが採択されたが、これらを実効あるものとするために、「SEEMP 作成・備付けの義務化」という強制条約化の作業が MEPC60 以降進められている。

MEPC60 において、我が国は EEDI の強化及び SEEMP の作成及び船舶への備え置きを義務化する附属書 VI の改正案を提案したところ、WG で審議され MEPC 附属書 VI 改正条文のドラフトを作成した。

MEPC61 での改正案承認を目指し、中間会合を開催することが合意され、規制の対象となる船種及びサイズ、具体的な規制値等について検討される。

1.6 経済的手法の検討

IMOでは、第23回総会（2003年11月）において、「船舶からの温室効果ガスの削減に関するIMOの政策及び実行」に関する総会決議A.963(23)を採択するとともに、第55回海洋環境保護委員会（MEPC55：Marine Environment Protection Committee、2006年10月）で同総会決議に基づく作業計画を合意し、これに基づき、船舶のCO₂排出指標の開発、技術上、運航上及び市場メカニズムに基づくGHG削減手法の検討等を行っており、MEPC60から技術パッケージを含む全てのCO₂削減手法を促進する仕組みとして、経済的インセンティブを与える手法の検討が本格的に審議され始めた。MEPC59までに、以下の主に4つの制度が提案されている。

①燃料油課金制度（International GHG Contribution Fund）

個船の燃料消費量に応じ拠出金を国際GHG基金に拠出する制度。

②レバレッジド・インセンティブ・スキーム（Leveraged Incentive Scheme）

燃料油課金制度のヴァリエーションであり、個船の燃料消費量に応じ拠出金を国際GHG基金に拠出した後、エネルギー効率管理の優れた船舶（自船で相対的に比較。他船との比較はしない。）に対し還付を行うことにより、船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるための燃料油課金・一部還付制度。

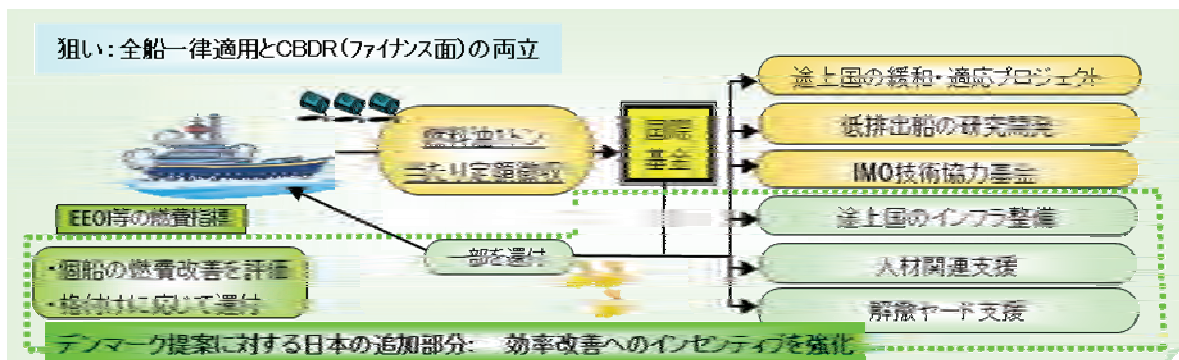


図4 【燃料油課金】デンマーク+日本がそれぞれ提案（出典：国土交通省資料）

③排出権取引制度（METS：Maritime Emissions Trading Scheme）

個船を対象として排出枠をオークションによって設定し、排出枠を超える排出をする場合は枠の購入を義務付けられ、排出枠を超えない場合は余分の排出枠を売却できる制度。

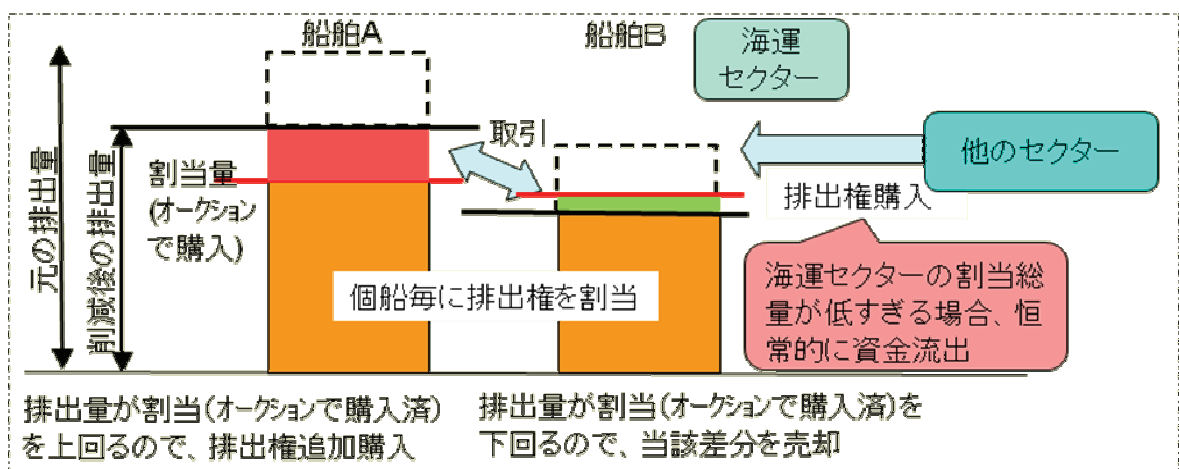


図5 【Maritime-ETS】ドイツ・フランスノルウェーが共同提案
（出典：国土交通省資料）

④エネルギー効率設計指標を活用した効率トレード制度

個船に取得を義務付けることを想定して策定が進められているエネルギー効率設計指標（EEDI：Energy Efficiency Design Index）があらかじめ設定された基準値を満たす場合は、その満たした分をクレジットとして売却することができ、基準を満たさない場合はクレジットの購入が義務付けられる制度。

MEPC59 では経済的手法について結論は出なかったが、燃料油課金制度については、途上国を含めて多くの国が支持し、日本提案の特長である格付け・還付制度については、今後さらなる検討をするべきと複数の国の関心を集めた。一方、METS については、提案国以外に支持を表明した国はないという状況であった。今後の作業について、MEPC60（2010年3月）において経済的手法の国際海運への影響評価の方法論等を審議し、MEPC61（2010年10月）において今後検討すべき制度を選択する等の作業計画が途上国も含めて全会一致で合意された。

また、MEPC60 では、経済的手法の国際海運への影響評価方法等について検討を行い、新たに専門家会合を設置することが合意された。今後、専門家会合において、各国等から提案されている経済的手法について、国際海運への影響等について更なる分析を行い、その結果を踏まえ、MEPC61 において、国際海運に適した経済的手法を選択するための審議が行われる予定となっている。

今後、IMO において議論が本格化する経済的手法において、次のような国際海運の特徴にも留意し、制度設計を行う必要がある。

- ①国際海運は、世界経済の血流であり、今後も高い成長率で成長することが予測されているが、環境保全と経済発展は両立される必要がある。
- ②国際海運は、他の輸送モードと比較し効率の高い輸送モードである。海運に過度の経済的負担を課すことは、逆モーダルシフトを生じさせ、温暖化対策として却ってマイナスとなるおそれがある。
- ③GHG 排出削減の枠組みは、途上国も含めすべての国に一律に適用されなければならない。途上国の配慮は当該枠組みの適用以外の形で考慮するが、市場歪曲につながってはならない。

よって、合理的な目標設定とこれに対応した技術開発等を均衡させることにより、国際海運からの GHG 排出量を適切に削減する必要がある。

そのためには、目標の設定としては、海運の需要は世界全体の GDP にリンクしており、GDP 成長の幅が大きく振れる中で、「総量の絶対値キャッピング」をトップダウンで設定することは不適切であり、目標は「効率改善」であるべきで、技術的に達成可能な効率改善幅を見積もり、それをターゲットとして打ち出すべきである。

また、技術的手法及び運航的手法については、技術的手法・運航的手法は、より実効あるものとするため、「EEDI 取得の義務化」、「建造される船舶が一定の規制値を下回ることの義務化」、「規制値の段階的引下げによる規制の強化」、「SEEMP 作成・備付けの義務化」といった強制条約化の作業を引き続き進めていくべきである。

さらに、経済的手法は、上記の技術的手法による「効率改善」を推進するため、強力に推進するインセンティブを与えるものであるべきである。

2 船舶からのGHG排出量を削減するための環境整備

2.1 船舶からのGHG排出量削減のためのインフラ等の調査

船舶からのGHG排出削減に資する技術の中でも、代替燃料利用や、運航面での最適化等是有望視されている。これらの技術を開発し普及させる上で、海運、造船及び船用セクターのみでは解決できない、インフラ、規則等について、現状と課題を整理した。

2.1.1 GHG排出量を抑制する代替燃料利用に関するインフラの現状と課題

[詳細については報告書【「GHG排出削減技術の普及に必要なインフラ等に関する調査」-代替燃料利用に関するインフラ、規則等に関する調査-2009年度報告書】を参照]

(1) LNG燃料船等において先行している欧州の事例調査を行った。

[詳細については「船舶の代替燃料利用に関する欧州調査報告書」参照]

- ◆ ノルウェーにおいて、LNG燃料フェリー及びLNG Dual Fuel Supply Vesselを視察し、LNG供給体制、運航体制等について情報収集。合わせて、LNG普及のためのインセンティブスキームや更なる研究開発についても調査を実施。それから得られたポイントは以下のとおり。
 - ◇ NO_x削減の目的のインセンティブスキーム(NO_x Fund)によりフェリーを中心にLNG燃料船の普及が進んでいる。LNG供給者等を含む関係者が一丸となって始められたものが実績やノウハウ等の蓄積により順調に発展。今後も欧州域内の貨物船等への導入が予定されており、LNG利用は益々拡大していく見込み。
 - ◇ 我が国においても、技術的な問題はそれほど大きくはない。むしろ、関係者をまとめて具体的なプロジェクトに仕上げていく牽引力、陸上側燃料供給施設を含めリーズナブルな規制、ノルウェーのNO_x Fundのような資金的なサポートを得られる仕組み等が求められる。
 - ◇ 今後、我が国においては、いくつかの要素技術（例えば、船舶用気化器による熱量安定性等）に関して実証試験が必要と考えられるが、短距離フェリー、タグボート等、環境対策上の要請が強く、LNGの供給が比較的容易であるなど実現に向けてハードルが低い対象の航路や船舶を具体的に想定し、より現実性の高い調査研究を実施するべきである。
- ◆ ハンブルグにおいては、水素を燃料とする燃料電池観光船を視察。燃料電池自体は陸上技術の転用であり、技術的には我が国でも容易にキャッチアップ可能と考えられ、本プロジェクトは環境保護のための宣伝効果を期待したものとしての意味合いが強い。しかし、水素の船舶への供給施設（スタンド）も含めて実物を建造し長期に亘って実際に商業運行するというプロジェクトに関係者が総力を挙げて取り組んでいる欧州の姿勢及び推進力に注目すべき。

(2) 代替燃料を巡る状況について更に以下について調査した。

- ◆ EU、米国等のエネルギー政策
 - NO_x及びSO_xの排出規制海域(ECA)として、EUにおいては2005年にバルチック海及び北海の一部が指定され、米国・カナダにおいては両国の沿岸200海里を指定する案が2009年7月のMEPC59において承認されている。この結果、GHG削減のみならず、NO_xの大幅な削減を目指した代替燃料に関する各種プロジェクトが実施されている。
- ◆ 船舶利用のための要件の整理

海外の先行事例、生産量、供給インフラ、価格、物性、法規等の観点から、関心の高い代替燃料として、LNG、バイオディーゼル燃料（BDF）、液体水素（燃料電池を含む）を検討対象とし、生産、輸送、貯蔵、船舶搭載に係る要件を整理した。

◆ 我が国の現状と見通し

我が国主要港湾における LNG 基地の現状と自動車等への代替燃料供給施設の事例として CNG スタンド及び水素ステーションについて調査した。

◆ 関連する安全規則の調査

施設設置上あるいは本船搭載上の国内の法規として、高圧ガス保安法と船舶安全法を調査した。また、海外の関連法規の事例として、IMOで策定作業が進行中のLNGを燃料として使用する船舶に関する暫定的な設計指針（Interim Guidelines）について調査を行った。

(3) 代替燃料利用船舶の今後の見通し

以上の総括としてLNG、BDF、液体水素の各々について導入時の課題および供給施設や供給網と安全規則に関する今後の見通しを整理した。また燃料電池についても導入時の課題について纏めた。国際的な規制の強化の方向性と整合する代替燃料の普及のシナリオと、代替燃料別に導入に至るまでの船舶側の要件と課題を整理し、導入後の船舶の見通しについてまとめた。

◆ LNG に関しては、ECA 設定の今後の動向が鍵となる。将来的には、ECA 内の内航船やタグボート等の作業船に LNG 利用が進み、外航船については、現在開発中の脱硝装置との比較において、ECA 内において LNG を利用するデュアルフェューエルの形態が採用される可能性がある。このため、LNG に関しては、我が国においても、まず、小型船や内航船を使って、LNG の供給インフラも含めた実証試験を行い、実用面での技術的な検証とともに運航ノウハウの蓄積を図り、関連する法規制の整備も進めていく必要があると考えられる。

◆ バイオディーゼル燃料は供給能力と価格及び品質の標準化に大きな課題を抱えており、主要な燃料としての早期の実用化には困難が伴うものの、既存船への適用が比較的容易である点から長期的には期待できる燃料である。また、今後 GHG を緊急的に一定量削減しなければならない場合にはカーボンニュートラルで重油との混合比率も比較的自由に調整しうるバイオディーゼル燃料が最も適しており、こうした利用形態であれば LNG よりも早期の実用化が可能である。バイオディーゼル燃料を使用する船舶に関しては、既存の重油を燃料とするディーゼル推進船と原理的には全く同一であり、あまり大きな問題は無いと考えられるが、実証船での試験を通して運行上どのような問題があるかの研究開発あるいは改良点を見つけていく地道な活動が必要と考える。

2.1.2 運航の効率化による GHG 排出に向けたインフラの現状と課題

[詳細については報告書【「GHG排出削減技術の普及に必要なインフラ等に関する調査」-船舶の大型化・運航の最適化等に関連するインフラ等に関する調査-2009年度報告書】を参照]

(1) 船舶の大型化

船舶の大型化により単位輸送貨物量当りのエネルギー効率を向上させることが可能。また、同一距離間での燃料消費は速度の2乗に比例するため、航行速度を落とすことはCO2排出量の削減に効果的である。したがって、船舶の大型化と経済速力運航により GHG 削減を目指すことは合理的である。このため、運河等の航路上の制約や海上輸送需要について貨物種類を想定して整理し、船舶の大型化の方向性及びその

実現のための課題をまとめた。

- ◆ 三大バルク（鉄鉱石、石炭、穀物類）については、アジアの経済成長と共に輸送量が増加しており船舶は大型化の傾向。特に鉄鉱石運搬船については、積出港（豪州、ブラジル等）と荷揚港との間で航路上の制限はなく、積出港の大型船対応化も進んでいることから、荷揚港の整備如何（我が国のほとんどで満載状態では 20 万 DWT が限度であるが中国では既に 40 万 DWT クラスに対応）により大型化が更に進行する見込み。
- ◆ 原油については、中東からアジアへの輸送がメインであるが、マラッカ・シンガポール海峡の水深が航路上の制限となり、30 万 DWT クラスの VLCC が最大である（Malacamax）。以前の ULCC が普及しなかったように今後の大型化は考えにくい。
- ◆ LNG については、クリーンなエネルギーとして今後益々需要が増え、それに伴って海上輸送量も増加すると考えられる。LNG 船はプロジェクトベースで陸上基地とともに最適化され建造されるのが一般的であり、最近のカタールプロジェクトでは、26 万^m級（長さ:345m×幅:54m×喫水:12.0m〜）と大型化が進んでいる。
- ◆ コンテナについては、アジアー欧州、アジアー北米を中心に、海上荷動量は着実に伸びており、最近では 14,000TEU クラスも登場。特にパナマ運河拡張（2014 年竣工予定）後を見越した New Panamax（13,000TEU クラス、一例として、長さ:366m×幅:48.2m×喫水:14.5m）が今後主流となれば、基幹航路に対応する港ではそれに対応する水深、岸壁長さ、ガントリークレーン等の整備が必要であり、大型化のメリットが失われないよう効率の良いフィーダー輸送との連携も必要となる。
- ◆ 減速航行に関しては、運航速度が高速（通常 25 ノット程度）であるコンテナ船の分野で実施例が増えている。物流サービスの低下につながらないように航行速度の最適化は、船舶の大型化との関連のみならず以下の運航の最適化の観点からも検討すべき課題である。

(2) 運航の最適化

船舶のオペレーションによる燃費削減のうち、短期的な対策として最も効果が期待できるのは減速航行である。しかしながら、減速航行だけでは増加する荷動き量に対応することはできない。減速航行を行いながらも荷動きの効率化、沖待ち船の削減、船腹数の増加抑制を達成するには、到着時間を考慮したウェザルーティング、荷役時間の削減、効率的な配船計画を組み合わせた総合的な運航プロセス管理が不可欠である。このため、航行、通峡、入出港、荷役等の各段階において効率化が期待できる方策について検討した。

- ◆ パナマ運河では通峡予約システム（事前の通航スロット予約や直前のオークションシステム）が既に導入・運用されている。また、シンガポール港では、PortNet という港湾情報システムが稼働しており、これにより入港予約が可能である。このようなシステムが全世界に拡大されることにより無駄のない運航計画の作成が可能になる。
- ◆ 航行時については、ウェザルーティングおよび総合的な運航プロセス管理の高度化、天気予報、海流予測、波浪予測の精度向上が期待される。
- ◆ IMO においては、国際海運から排出される GHG を削減するための経済的手法のとりまとめ作業が行われている。燃料油課金制度、排出権取引制度、エネルギー効率取引制度等いくつかの手法が検討されているが、これらは、市場メカニズムを利用した経済的手法による CO2 排出削減対策であり、一種のインセンティブスキームである。このようなスキームづくりが運航の最適化を広く進めるためには不可欠である。

2.2 船主によるGHG 排出量削減を促す環境整備

2.2.1 カーボンフットプリント（CFP）の調査

〔詳細については報告書「船舶輸送におけるカーボンフットプリント策定に関する調査研究」報告書を参照〕

カーボンフットプリント（CFP）は、商品の各単位について、ライフサイクル全般（資源採掘から廃棄まで）で排出される温室効果ガスをCO₂量で表したものである。商品に表示（見える化）することで、消費者にCO₂排出量の自覚を促すと共に、CO₂排出量の少ない商品への選好を高めることにより、サプライチェーンを通じた企業のCO₂排出量削減を促進するものである。環境負荷の低減に努めている事業者にとっては、温暖化対策を消費者に直接アピールできるというメリットがある。

商品のCFPを計算する上で、原材料や商品そのものの輸送により発生するCO₂量の計算も必要であり、商品のCFP計算自体は製造事業者が実施するが、海運サイドはその際必要なデータ提供を求められることとなる。

また、より環境負荷低減に関して感度の高い荷主においては、より環境負荷の低い物流手段・輸送経路を明確化し、採用しようという動きもある。他方、これらの情報提供要請を受ける海運サイドでは、現在標準的な方法がないため、船社毎にまちまちの方法での情報提供とならざるを得ない。

このため、荷主の要請に対して比較可能な透明度の高い情報の提供を可能とし、海運分野での環境負荷低減の契機となるよう、国際貨物輸送に関し、CFP算定に貢献するデータの提出を可能とする方策案をとりまとめることを目的として本件調査を以下のとおり実施した。

（1）CFP制度に関する国際的・国内的な周辺状況の整理

CFP制度全般についての理解を深めるため、国内外の現状について整理した。

（2）現在荷主サイドから海運サイドに対して提供が要請されているCFP関連情報の概要と実際に提供されている情報を関係者へのヒアリング等により整理

◆ 我が国の主要な船社に対するヒアリング

荷主の要望状況、海運業界（国際・国内）の対応状況、自社の対応状況、CFP情報を提供している場合にはその算出手法

◆ 荷主団体、荷主企業に対するヒアリング

（CFPの算定・表示を予定している）荷主企業等における作業状況、今後の対応予定

（3）船舶輸送における標準的なCFP算定手順案の策定

◆ 二次データとして利用可能な原単位の算出方法の検討

◇ 全世界の公知のデータから船種別等に原単位を算出

コンテナ海上荷動量、コンテナ船の燃料消費量（IMOのGHG専門家グループが国際海運からのCO₂排出量推定に用いたデータを利用）から、g/TEU・kmの数値を算出など、公知のデータから適当な船種、大きさ等の区分毎に原単位を算出する方法を検討した。

◇ 上記の原単位を更に細分化する方法について検討

例えば、主要航路毎のg/TEU・kmの数値を算出するなどの方法が考えられるが、現実的、有益な方法として、通関データ等を活用し検討を加えた。

◆ 船社毎又は個船毎の実績ベースによる排出量の算出方法を検討

IMOで導入を促進しているEEOIを用いた手法などを想定し、一定期間の移動平均を用いた実績値の形で、主要航路のCFP、或いは定期航路を運航している船舶であれば、個船のCFPを計算

することが可能となるが、このような可能性も踏まえて基本的な算出方法を検討した。関係者へのヒアリングの結果、現時点においては、このような精緻な方法に関してそれほど要請があるわけではなかったが、EEOI の運用が広まり、排出量のデータが集積されればこのような実績ベースでの算出が比較的容易かつ有意になされることとなる。

2.2.2 MAC 曲線調査

他セクターとの比較において費用対効果の視点から同等となる合理的な国際海運からの温室効果ガス (GHG) 排出削減対策の実現に資するため、限界削減費用曲線 (MAC 曲線 : Marginal Abatement Cost) ベースで他セクターと同等となる GHG 排出削減目標値を設定する手法を構築するための調査を行った。

- ◆ 国際海事機関 (IMO) の IMO GHG Study における MAC 曲線と、国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) が使用する IPCC 第 4 次評価報告書に記載の MAC 曲線の内容及び両者の相違点を調査。
- ◆ この結果を踏まえ、MAC ベースで他セクターと同等となる GHG 排出削減目標値を算定し、他セクターと国際海運の GHG 排出削減目標値の相関を表し、当該手法による課題を示した。
- ◆ 具体的には、国際海運分野は、他セクターと比較し、標準排出シナリオである A1B シナリオ (IMO GHG Study Update における将来シナリオのうち中央に位置するもの) の場合、最大で 70% 程度の削減となることが示され、他セクターよりも低い削減目標値となることがわかった。

3 まとめ

2007年に纏められた国際的な気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次報告書にあるように、地球温暖化防止に向けたGHG排出量の削減は喫緊の課題である。このため、UNFCCC京都議定書第1約束期間（2008年～2012年）終了後速やかに次の新しいGHG削減の枠組みへと移行できるよう、UNFCCCでは2009年12月に開催された締約国会議第15回会合（COP15）に向け、新たな排出量削減の枠組みや目標値の設定へ向けて作業をおこなってきた。京都議定書の枠外となっている国際海運から排出されるGHGの抑制についても、2050年には国際海上物流の需要が2007年比で4倍に増加する（これに伴いGHG排出量も同3倍に増加する）ことが想定される中、IMOやCOP作業部会（AWG）では、UNFCCCでの作業スケジュールに対応する形で、国際海運の特性に合わせたGHG排出削減の枠組みを検討してきた。

本年度の「国際海運における温室効果ガス排出削減に向けた総合対策」事業では、このような国際情勢を踏まえ、

- （1） 国際的な枠組みの構築に向けた検討作業
 - （2） 船舶からのGHG排出量削減のための環境整備
- の2つの観点から、作業を行った。

最初の観点である（1）国際的な枠組みの構築に向けた検討作業については、現在IMOにおいて2つの大きな流れの中での審議が行われている。一つは、新造船の環境性能基準としてエネルギー効率設計指標（EEDI）が一定の基準を満足することを義務付けると共に、現存船についてもGHG排出量削減に向けた自主計画である船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）の策定と実績の評価を義務付けるという法規制作成の動きであり、もう一つは新たな枠組みとしての経済的手法に関する検討の動きである。EEDI等法的規制の枠組み作成の方が審議は先行しており、本報告書に記載されている様々な検討結果を基にIMOに対して我が国提案が行われている。これらの審議の結果、2009年7月に開催された海洋環境保護委員会第59回会合（MEPC59）において、EEDI、SEEMP等の内容がガイドラインの形で纏まり、MEPCサーキュラーとして回章されると共に、2010年3月末に開催されたMEPC60においてその内容の見直しと強制化の枠組みについて審議が行われた。残念ながらMEPC60の段階では強制化の枠組みについて最終的な合意には至らず、2011年度も引き続き審議が行われる予定である。

一方、経済的手法については、GHG排出削減の目標（国際海運から排出されるGHG量の削減目標について国際的に合意されたものは存在しないが、世界全体の目標を鑑みれば相応の貢献を行う必要があることは自明）を考慮した場合、法規制の枠組みのみでこれを満足することは非常に困難が予想されることから、別途導入が検討されているものである。IMOでは、2009年11月に開催された総会において、MEPCが2011年までの2カ年計画でこの経済的手法の枠組みの取り纏めを行うという計画を立てており、今後経済的手法に関する審議も活発化することが予想される。

二つ目の観点である（2）船舶からのGHG排出量削減のための環境整備については、時期的な問題は別として、国際海運から排出されるGHG量削減に関する国際的な枠組みができることを前提に、この枠組みに対応するために海運、造船、或いは荷主や海上輸送の最終的な便益の享受者である一般消費者が合理的な対応をとり得るよう環境整備を行うことを目的として調査を行った。

内容については本報告書の該当部分に詳述されているが、国際海上輸送サービスがそのサービスの提供課程においてGHG排出量を削減する上で自らのみではなかなか克服が困難なインフラの制約等についてその

課題と今後の克服の方向性について纏めている。日本郵船のスーパーエコシップ 2030、商船三井の維新シリーズ等昨今海運業界から発信される未来の船舶のイメージは、その燃料として LNG を使用しているものが多い。LNG 船は別として、我が国においては未来の船用燃料として語られることの多い LNG であるが、今般の調査を通じて経済的な規制の結果とはいえ欧州において LNG が既にかなり身近な船用燃料となりつつある（域内の国際輸送に従事する貨物船等、従来の天然ガスエンジンを搭載した小型フェリーのイメージからはかなり遠い、より外航船に近い分野へと利用が広がりつつある）ことが明らかとなった。残念ながら欧州で供給される LNG に比較して、我が国において供給される LNG は組成的に船用燃料としての使用に際してハードルが高いが、将来的に国際海運の燃料としての LNG の利用を念頭に置く場合、これらの課題の早期克服が求められる。

2009年12月に開催されたCOP15では残念ながら新たな排出量削減の枠組みや目標値の設定に合意することはできなかった。他方、COP15で合意されたコペンハーゲン宣言（Accord）により、世界各国は2020年までのGHG削減目標を自主的に設定し事務局に通報するよう要請が行われ、中国、ブラジル、インドネシア、韓国等現在の京都議定書には縛られない主要なGHG排出国がこの要請に応えた結果、その合計GHG排出量が世界のGHG総排出量の78%を占める55カ国が何らかの目標を設定している。

現段階では2010年11月にカンクン（メキシコ）で開催されるCOP16で何が目指されるのかについては明らかにされておらず、国際的なGHG排出の枠組みの将来像に大きく影響を受ける国際海運の排出するGHG削減方策の構築についてはまだまだ紆余曲折が予想される。しかしながら、地球温暖化防止のためのGHG排出抑制については、その対策が遅れば遅れるほどそのハードルが高くなることから、国際海運から排出されるGHG量削減に関する取り組みについても、早急な枠組み構築等に向けて対応を加速する必要がある。



この報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

— 国際海運における温室効果ガス排出削減に向けた総合対策 —

2010年（平成22年）3月発行

発行 財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp>

E-mail info@jstra.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。